La résolution de problèmes dans le champ psychologique

la simulation informatique[1]. Comme dans l'ordinateur, les processus cognitifs y sont envisagés comme une manipulation syntaxique de symboles. Ce critère de validité est connu sous le nom de *Test de Turing*[2], du nom de son initiateur A. TURING, un des pères de l'intelligence artificielle. Si une machine — un ordinateur digital — est capable de produire une opération intellectuelle de telle manière qu'un expert ne soit pas capable de distinguer si elle est accomplie par un homme ou une machine, alors TURING affirme qu'on peut répondre de façon affirmative à la question « Les machines peuvent-elles penser ? ».

La formalisation des activités cognitives par les méthodes de l'intelligence artificielle est une des conséquence immédiate de cette conception ; ces formalisations reposent, comme l'indique J. MATHIEU, sur « le postulat fondamental [selon lequel] [...] l'esprit humain est une réalisation physique d'un système de traitement de l'information au même titre qu'un ordinateur. »[3]

La pensée est-elle réductible à une manipulation de symboles, ou de représentations mentales ? Tel est le débat qui est aujourd'hui largement engagé dans le domaine de la philosophie de l'esprit[4].

conséquence sur les recherches en éducation

---

1. Concernant la résolution de problèmes d'arithmétique, on trouvera une illustration de cette procédure de validation dans l'article de W. KINTSCH, J.G. GREENO, « Understanding and Solving Word Arithmetic Problems », *Psychological Review*, 1985, 92, n° 1, 109-129. Les auteurs étudient l'interaction entre la compréhension de textes et la résolution de problèmes. Le modèle proposé permet de simuler la construction de représentations cognitives et valide ainsi les hypothèses psychologiques préalablement avancées. Sur la question de la validation des modèles Cf. G. TIBERGHIEN, « Modèles de l'activité cognitive » *in* J.-P. CAVERNI et al., *op. cit.*, 1988. p. 13-25.

2. A. M. TURING, « Les ordinateurs et l'intelligence », *in* D. HOFSTADTER, D. DENNETT, *Vues de l'esprit*, InterEditions, 1987, 61-75 ; D. HOFSTADTER, « Le test de Turing : conversation dans un café », *idem*, 1987, 77-101.

3. J. MATHIEU, « Psychologie cognitive et intelligence artificielle. Résolution de problème et acquisition de connaissances » *in* C. BONNET, J.M. HOC, G. TIBERGHIEN (dir.), *op. cit.*, 1986, p. 35.

4. Quelques références à consulter : le débat entre P. et P. CHURCHLAND et J. SEARLE : CHURCHLAND, « Les machines peuvent-elles penser ? » p. 46-53 et J. SEARLE, « L'esprit est-il un programme d'ordinateur ? », *Pour la science* 1990, n° 149, p. 38-44 ; J.R. SEARLE, *op. cit.*, 1985 ; P. HENRY, « On ne remplace pas un cerveau par une machine : un débat mal engagé », *in* J.-L. LE MOIGNE (dir.), *Intelligence des mécanismes et mécanismes de l'intelligence*, Fayard, 1986, p. 295-330 ; D. HOFSTADER, D. DENNETT, *Vue de l'esprit*, Interéditions, 1987.

1.1. L'AMBITION UNIVERSALISTE : LE MODELE DU « GENERAL PROBLEM SOLVER »

Les premières recherches dans les années 60 visaient à établir un modèle universel de la résolution de problèmes, le modèle du *general problem solver* (GPS) élaboré par NEWELL et SIMON[1]. Le principe général de ce modèle se définit en deux étapes :

1. Le sujet doit définir la *base de l'espace de problème* — encore appelé *espace de la tâche*. Cet espace est constitué de trois types de connaissances :
   - connaissance des éléments qui définissent la situation ;
   - connaissance de l'état initial et du but à atteindre ;
   - connaissance d'opérateurs et leur condition d'application qui permettent de passer de la situation initiale au but.

2. Sur cette base, le sujet construit une représentation de la tâche (un *espace du problème*) qui lui permet de décider de l'application des opérateurs. (A partir d'un même espace de la tâche, plusieurs espaces du problème peuvent être élaborés.) Le GPS est ce qui permet au système de décider de l'application de ces opérateurs. Il est défini comme une heuristique générale récursive qui analyse le problème en terme de moyens-buts : s'il n'existe pas de moyens (d'opérateurs, *o*) pour passer directement de la situation initiale (*I*) au but (*B*), le système se fixe alors un but intermédiaire (sous-but, *B'*) et recherche un opérateur (*o'*) pour l'atteindre, dans la négative un sous-sous-but (*B''*) est alors défini, etc.

Pour formaliser les opérations qui correspondent aux différentes étapes de la résolution, NEWELL et SIMON ont recours à un système : le *système de production*[2].

---

1. A. NGUYEN-XUAN, « Le fonctionnement cognitif : qu'y a-t-il eu depuis Human Problem Solving de Newell et Simon ? », *Bulletin de psychologie*, 1978, tome XXXII, n° 340, p. 625-641.
2. Cf. A. NGUYEN-XUAN, « Le système de production », *Revue Française de Pédagogie*, 1982, n° 60, 31-41 ; J.-M. HOC, A. NGUYEN-XUAN, « Les modèles informatiques de la résolution de problèmes », *in* J. PIAGET et al. (dir), *op. cit.*, 1987, p. 1723.

C’est lui qui est à l’origine de ce qu’on appelle aujourd’hui un *système expert*. Ce système est défini par trois composantes :

- un *ensemble de règles de production* — encore appelé base de connaissances — ces règles sont des propositions conditionnelles du type CONDITION → ACTION : si la condition est réalisée alors l’action est exécutée ;
- *une base de données* stockée en mémoire de travail contenant des faits (les données du problème, les résultats des actions décidées par le système...) permettant de particulariser — ou d’instancier — les conditions. Une condition est satisfaite s’il existe au moins un fait de la base qui permet de l’instancier ;
- *un interpréteur* — aujourd’hui appelé *moteur d’inférence* — c’est un programme qui contrôle le fonctionnement du système en « exécutant un ensemble d'algorithme permettant de composer selon des séquences prédéterminées (des ‘‘stratégies’’) un ensemble de règles de production appliquées à une base de connaissance »[1]. Il permet de gérer l’application et l’enchaînement des règles en sélectionnant celle qui correspond à la condition. Si aucune règle ne peut être satisfaite, le système s’arrête. C’est également l’interpréteur qui permet de résoudre un conflit de règles, à l’aide de méta-règles[2], dans le cas où plusieurs règles seraient sélectionnées simultanément.

Ce système présente l’avantage d’être modulaire ; la sortie d’un module correspond à l’entrée du suivant et présente, du fait de sa récursivité, des possibilités de retour sur les traitements précédents. Non seulement, ce principe est aujourd’hui utilisé par de nombreux systèmes experts, mais il constitue un formalisme puissant pour modéliser les conduites psychologiques. Ainsi A. NGUYEN-XUAN note qu’un système de production peut être considéré comme un système de « règles d’écriture »[3]

1. J.-L. LE MOIGNE J.-L. (dir.), *Intelligence des mécanismes et mécanismes de l’intelligence*, Fayard, 1986, p. 359.
2. Une métarègle est un « type particulier de métaconnaissance qui a la forme d'une règle. Si A et B et C.. Alors H. Au lieu de traiter de médecine ou de géologie, cette règle traite de connaissances. Par exemple : « Si toutes les prémisses d'une règle sont peu coûteuses à évaluer, alors envisager cette règle en priorité ». Cette métarègle parle de règles. Mais en dehors de leur sujet, les métarègles sont des règles exactement comme les autres. » J.-L. LE MOIGNE (dir.), *op. cit*., 1986, 358-359.
3. A. NGUYEN-XUAN, « Le système de production : un formalisme pour modéliser la cognition humaine », *in* J.-L. LE MOIGNE, *op. cit.*, 1986, p. 151.

au service de la modélisation psychologique et, serions-nous tenter de rajouter, de la modélisation didactique, comme en témoigne les orientations actuelles des recherches de l'INRP en didactique de la lecture-écriture et en didactique des mathématiques[1]. Par exemple, rendant compte des travaux d'une équipe de recherche, D. VALENTIN[2], formateur et chercheur associé à l'INRP, propose, dans une revue destinée aux instituteurs, un « apprentissage » — « enseignement » nous paraîtrait plus adéquat — de la résolution de problèmes qui prenne en compte les compétences méthodologiques. Pour ce faire, l'auteur se réfère aux travaux de G. POLYA et propose des activités modulaires afin de permettre aux élèves d'optimiser « le recueil et le traitement de l'information », « la mémorisation des informations », « à utiliser différents types d'inférence »... Ces compétences devront, à terme, fonctionner simultanément. Cependant, on peut regretter qu'il n'évoque pas la manière dont il envisage, au plan didactique, l'enseignement de l'*interpréteur* — pour reprendre l'analogie avec le système de production. Ce dernier, rappelons-le, est chargé de gérer l'application des règles et donc de contrôler le fonctionnement du système.

Si la résolution peut s'expliquer par le modèle du GPS, comment le sujet construit-il la représentation du problème et par quel processus se construit cette représentation à partir de la consigne écrite ou orale ?

HAYES et SIMON ont résolu ce problème en élaborant un programme de simulation : le programme *UNDERSTAND*, qui permet de simuler — et donc d'expliquer — la compréhension d'une consigne.

Ce programme se déroule en deux étapes :

- une étape de traitement linguistique de l'énoncé réalisée à partir du modèle de la grammaire générative de N. CHOMSKY. Ce traitement consiste à dégager la structure profonde de l'énoncé de sa structure de surface — par

[1]. Le schéma général repose sur l'idée de fournir (ou de faire construire) aux élèves des « règles d'écriture » décrivant les fonctionnements de différents types de textes (narratifs, argumentatifs, injonctifs,...) par une activité de classification textuelle. Ces listes de règles sont ensuite utilisées par l'élève lors de la production d'écrits afin de lui permettre de contrôler et d'évaluer sa propre production. Cf. C. GARCIA-DEBANC, « Le tri de textes : mode d'emploi », *Pratiques*, 1989, n° 62. Pour un aperçu des directions de travail du groupe « Langage et mathématiques » associé à l'INRP voir M. LE GALL, C. AUDIBERT, « Mettre l'élève en situation de '' lecture d'énoncé '' », *Cahiers pédagogiques*, 1993, n° 316 ; C. DUBOIS, « Apprentissage de l'abstraction dans une école ZEP », *Cahiers pédagogiques*, 1993, n° 316.

[2]. D. VALENTIN, « Est-il possible d'apprendre à résoudre des problèmes ? », *Grand N*, 1987, p. 31-34.

exemple : la structure profonde de l'énoncé « Pierre a trois billes » correspond à « POSSEDE (PIERRE, 3 BILLES) » ;

- une étape de construction de l'espace problème qui s'effectue sur la base des sorties du premier traitement.

Nous ne détaillerons pas cette dernière étape ; on peut toutefois indiquer qu'elle repose sur des modèles de compréhension de la langue naturelle élaborés dans le domaine de l'intelligence artificielle[1]. Les deux étapes précédemment décrites correspondent à ce que la plupart des cognitivistes appellent aujourd'hui *résoudre un problème* et *comprendre un problème*.

Peu à peu, les psychologues cognitivistes ont renoncé à cette ambition universaliste et se sont plutôt orientés vers la recherche de modèles plus locaux. A cela, nous voyons deux raisons principales : d'une part les modèles ne permettaient pas de rendre compte des décalages horizontaux — encore appelés décalages de performances[2] ; d'autre part, l'actualisation des procédures s'est avérée très liée aux connaissances du sujet. Les chercheurs se sont orientés vers des modélisations intégrant alors ces connaissances sur le domaine considéré[3].

Bien que l'influence des théories de NEWELL et SIMON ait été déterminante dans l'évolution des recherches en psychologie cognitive, les modèles de résolution de problèmes se sont multipliés : des modèles très généraux, aux modèles très localisés. Il est impossible ici de faire l'inventaire et de discuter l'ensemble de ces différents modèles — on se reportera éventuellement aux trois ouvrages cités en référence[4] qui nous paraissent bien cerner cette question.

Dans la partie suivante, nous nous limiterons à présenter les quatre modèles de résolution des problèmes d'arithmétique les plus occurrents dans les publications.

---

1. Cf. A. NGUYEN-XUAN, *idem*, 1978, p. 635-636 ; on peut se reporter au modèle plus récent et beaucoup plus détaillé présenté par D. KAYSER, « Des machines qui comprennent notre langue », *La Recherche*, 1985, n° 170, p. 1198-1213.
2. On parle de « décalage horizontal » lorsqu'on observe des différences de performances dans la résolution de deux problèmes de structure isomorphe. Cf. C. BASTIEN, *op. cit.*, 1987, Chap. 1 « Les décalages de performances », p. 30 et s.
3. Pour plus de précisions sur cette question Cf. G. VERGNAUD, « Questions vives à la psychologie du développement », *Bulletin de psychologie*, n° 390, 1989 a, p. 450-457.
4. J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a ; J.-F. RICHARD et al., *Traité de psychologie cognitive* : Le traitement de l'information symbolique, T. 3, Dunod, 1990 b ; J.-P. CAVERNI et al. (dir.) *op. cit.*, 1988.

1.2. REPRESENTATION ET RESOLUTION DE PROBLEMES

Les psychologues cognitivistes distinguent généralement des textes à « visée narrative » des textes à « visée pragmatique ». Dans le cas des premiers, comprendre le texte consiste à « remonter » aux buts à partir des actions décrites dans le texte ; c'est le processus inverse pour les seconds, il s'agit de spécifier des actions qui permettront d'atteindre les buts fixés. La compréhension des énoncés de problèmes d'arithmétique relève de cette seconde catégorie.

Pour les psychologues, le concept de *problème* désigne généralement une situation, c'est-à-dire la confrontation d'un système cognitif (humain ou artificiel) à une tâche. Le problème est alors défini « comme la représentation qu'un système cognitif construit à partir d'une tâche, sans disposer immédiatement d'une procédure admissible pour atteindre le but. La construction de la représentation de la tâche sera appelée *compréhension*, la construction de la procédure, *stratégie de résolution.* » (J.-M. HOC[1]).

Comprendre un énoncé consiste à en construire une *représentation*. Cette construction est circonstancielle du fait qu'elle est liée à la tâche que le sujet doit effectuer. Eu égard à l'importance de la notion de « représentation » et aux multiples modèles qui s'y réfèrent, il convient de préciser le sens attribuée à cette notion.

1.2.1. QU'EST-CE QUE LA REPRESENTATION ?

La notion de représentation se situe au carrefour de plusieurs domaines : la psychologie sociale, la psychologie cognitive, la psychologie du développement, l'ethnologie, la sociologie... Pour autant qu'elle présente dans ces différents champs des similitudes, des caractéristiques communes, il paraît difficile de la réduire à une seule définition eu égard à la complexité à laquelle elle renvoie, aux différents statuts épistémologiques qui lui sont conférés, aux spécificités des objets sur lesquels elle porte... Néanmoins, en première approximation, on pourrait dire qu'une représentation est une forme de connaissance en tant qu'elle permet au sujet à la fois de signifier la réalité et d'agir sur elle.

Dans cette partie, il s'agira de présenter ce concept dans ses rapports avec le fonctionnement cognitif[2].

---

1. J.-M. HOC, *Psychologie cognitive de la planification*, PUG, 1987, p. 51. C'est l'auteur qui souligne.

2. Pour un développement plus complet sur cette notion Cf. D. JODELET (dir.), *Les représentations sociales*, PUF, 1989 ; M. BERNOUSSI, A. FLORIN, « La notion de représentation : de la psychologie générale à la psychologie sociale et la psychologie du développement », *Enfance*, 1995, n° 1, p. 71-87.

Cette notion est essentielle en psychologie cognitive puisqu'elle permit d'ouvrir la célèbre « boîte noire » — ce que refusaient les béhavioristes qui niaient la pertinence de la prise en compte de l'activité mentale. La représentation n'est pas une simple copie du réel comme le soutenaient les associationnistes, elle procède d'une construction dont J. PIAGET a été l'un des premiers a étudié les mécanismes[1].

Pour PIAGET, la représentation se manifeste initialement par l'imitation d'un modèle absent. Si la représentation permet d'expliquer la genèse et le développement de l'imitation, elle ne constitue pas, comme le postule l'empirisme, une simple copie du réel ; elle est, en effet, subordonnée à l'activité accommodatrice du sujet. Son origine est à chercher dans la différenciation et la coordination des signifiants (fournis par l'imitation pure par exemple) et des signifiés (par application à de nouveaux objets). La représentation est donc envisagée sous l'angle du jeu réciproque de deux mécanismes : l'assimilation et de l'accommodation, qui rendent alors possible la signification.

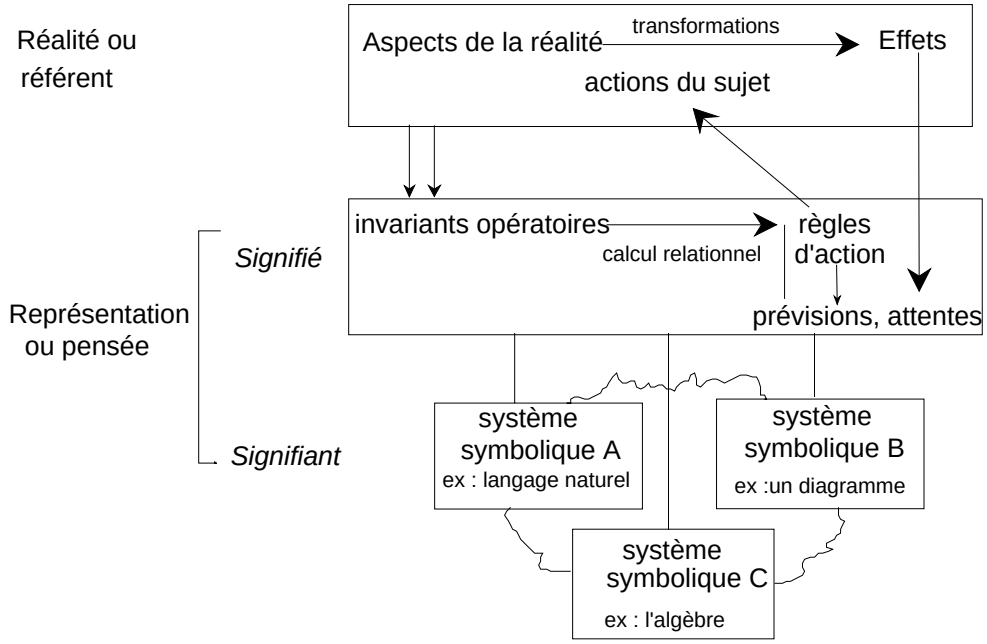
Fidèle à la conception piagétienne, mais davantage centrée sur les aspects fonctionnels de la connaissance, B. INHELDER[2] parlera des « unités de représentations » à propos de problèmes particuliers. Ces unités de représentations sont opératoires, en tant qu'elles permettent au sujet de créer des significations en spécifiant ses connaissances, celles-ci étant à la fois dépendantes des structures du sujet et des données contextuelles. C'est de cette double dépendance que procède leur modification.

En prolongement de la perspective piagétienne, les travaux de G. VERGNAUD peuvent être considérés comme le trait d'union entre l'épistémologie génétique et la didactique[3]. En effet, la perspective logico-structurale choisie par l'Ecole Genevoise a conduit PIAGET à mésestimer la spécificité de la connaissance pour ne s'intéresser qu'à son aspect structural. G. VERGNAUD élargira l'étude de la représentation à celle de l'étude du rapport entre action, conceptualisation et intégrera à son approche les contenus de la connaissance. La représentation, située au centre de ce rapport, est

1. J. PIAGET, *La formation du symbole chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé, 1945.
2. B. INHELDER et al., « Procédures et significations dans la résolution d'un problème concret, *Bulletin de psychologie*, 1980, XXXIII, 345, p. 645-648.
3. G. VERGNAUD, « Didactique et psychologie. Problèmes et méthodes », *Actes des Deuxièmes journées sur l'Education Scientifique*, C.N.R.S., I.N.R.P., 1980, p. 183-198 ; *op. cit.*, 1981a, 1981 b, 1986.

conçue à travers un double mouvement. Nous présentons ci-dessous la schématisation qu'il en propose[1] :

*Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**-1 Rapports entre représentation et réel d'après G. VERGNAUD*



Pour G. VERGNAUD, la représentation est fonctionnelle car, reflétant certains aspects du réel, elle permet au sujet d'agir sur lui afin de l'interroger ou de le transformer. Mais en même temps, elle est modifiée par les écarts éventuels entre les prévisions réalisées et les effets produits par l'action du sujet. Cette action n'est elle-même possible que grâce aux inférences — ou au calcul relationnel — procédant des invariants opératoires (quantitatifs, relationnels). Ces invariants permettent, en effet, l'élaboration des règles d'action desquelles procèdent les nouvelles actions. Leur rôle est central puisque c'est d'eux que dérive la dimension opératoire de la représentation par la conjonction nécessaire de ses deux aspects : l'aspect sémantique (reflet des aspects de la réalité) et l'aspect syntaxique (le calcul relationnel). Les signifiants (langagiers ou non) peuvent jouer un rôle dans ce processus : explicitation de

[1]. Cette figure synthétise deux schémas proposés par G. VERGNAUD, « Concepts et schèmes dans une théorie opératoire de la représentation », *Psychologie Française*, 3/4, 1985, p. 249 et « Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant », *in* J. PIAGET, et al. (dir.), *Psychologie*, Gallimard, 1987a.

certaines règles d'action, prévision de certains effets, verbalisation... Mais, souligne G. VERGNAUD, « c'est essentiellement au plan du signifié que se jouent les rapports entre réel et représentation. »[1]

Si, l'influence de la théorie piagétienne est prégnante chez G. VERGNAUD, une autre acception de la notion de « représentation », développée dans le champ psychologique, s'en démarque largement. Elle se rapproche davantage de celle utilisée par dans les recherches en intelligence artificielle. C'est le cas, par exemple, de J.-F. RICHARD ou de A. NGUYEN-XUAN[2] qui s'inscrivent dans la mouvance de la théorie de NEWELL et SIMON que nous avons présentée au début de cette partie (voir *supra* p. 2).

La représentation est définie comme l'interprétation que se donne le sujet de l'espace de recherche défini, rappelons-le, par les trois composantes d'un problème :

- la situation initiale ;
- la situation terminale ;
- les transformations autorisées qui permettent de passer de l'une à l'autre.

La représentation peut ainsi se décrire à l'aide un graphe dont les noeuds représentent les états possibles du système et les arcs les transformations permettant de passer d'un état à un autre. La solution du problème est un des chemins possible reliant le noeud initial au noeud final.

La construction de la représentation du problème dépend à la fois :

- des structures permanentes correspondantes aux connaissances stockées en mémoire à long terme (les procédures déjà connues pour résoudre le problème, par exemple ; ...) ;
- des structures circonstancielles : ce sont des constructions plus particulières finalisées par contexte de la tâche (les informations de l'énoncé, par exemple).

1. G. VERGNAUD, *idem*, 1985, p. 250.
2. J.-F. RICHARD, « La construction de la représentation du problème », *Psychologie Française*, 1984, tome 29-21, p. 227 ; A. NGUYEN-XUAN, « Apprendre en résolvant des problèmes : le système humain et les systèmes artificiels », *Psychologie Française*, 1984, tome 29-21, p. 235.

Ces deux structures correspondent à la distinction entre représentations-types et représentations-occurrences établie par J.-F. LE NY[1] — et sur laquelle s'accorde la plupart des psychologues cognitivistes. Les représentations-occurrences sont des constructions particularisées relatives à la tâche, aux décisions à prendre,... Le psychologue les infère à partir des conduites du sujet. Alors que les représentations-types — encore appelées matrices, ou plus généralement connaissances — correspondent à une structure plus stable et durable.

La qualité de la construction de la représentation du problème est une étape fondamentale dans la résolution de celui-ci car, souligne R. GLASER : « elle détermine l'efficacité et l'exactitude de la suite du raisonnement. De son coté, la qualité de la représentation initiale du problème est fonction de la richesse et de l'organisation des connaissances préalables du sujet. »[2] La circularité introduite ici par R. GLASER entre organisation des connaissances et exactitude du raisonnement pose le problème du rapport entre ces deux formes de représentations. Des auteurs comme M.-C. ESCARABAJAL[3] coupe cette circularité en donnant priorité aux connaissances stockées en mémoire (aux représentations-types) : l'élève interprète le problème en l'appareillant à un schéma qu'il instancie en remplaçant les variables de ce schéma par les nombres contenus dans l'énoncé.

1.2.2. LES MODELES DE RESOLUTION

En prolongement des travaux de W. KINTSCH, J.G. GREENO et de G. VERGNAUD[4], M.-C. ESCARABAJAL[5] développe un modèle sous l'angle de la théorie du schéma développée en intelligence artificielle. Soit le schéma est identifié et il permet alors d'interpréter les informations contenues dans l'énoncé (procédure consistant à passer du schéma à ses composantes). De façon inverse, on peut passer

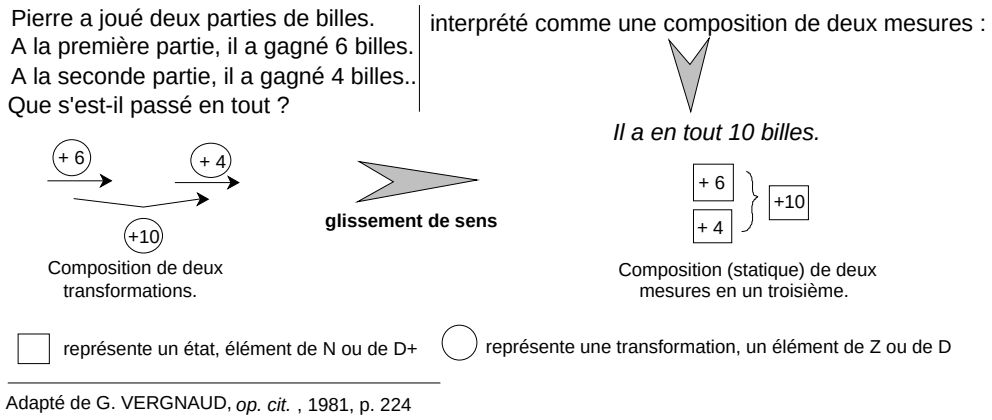
1. J.F. LE NY, « Comment (se) représenter les représentations », *Psychologie Française*, 3/4, t. 30, 1985, p. 234.
2. R. GLASER, « Enseigner comment penser : le rôle de la connaissance », *in* M. CRAHAY, D. LAFONTAINE (dir.), *op. cit.*, 1986, p. 265.
3. Cf. M.-Cl. ESCARABAJAL, 1984, 1986, 1988 ; J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 98 et s.
4. W. KINTSCH, J.G. GREENO, *idem*, 1985 ; G. VERGNAUD, « Calcul rationnel et représentation calculable », *Bulletin de psychologie*, 1974, n° 315, p. 378-384 ; G. VERGNAUD, C. DURAND, « Structures additives et complexité psychogénétique », *Revue Française de pédagogie*, 1976, n° 36, p. 28-43 ; G. VERGNAUD, *L'enfant, la mathématique et la réalité*, Peter Lang, 1983.
5. M.-Cl. ESCARABAJAL, « Utilisation de la notion de schéma dans un modèle de résolution de problèmes additifs » *in* C. BONNET, J.-M. HOC, G. TIBERGHIEN (eds), *op. cit.*, 1986 ; *idem*, 1984, 1988.

des composantes de la tâche au schéma, il permet alors « d'intégrer un certain nombre d'éléments d'information dans une signification plus générale qu'il résume. »[1]

Résoudre un problème consiste à instancier un schéma de résolution ; il traduit l'état des connaissances stockées en mémoire et permet aussi leur utilisation. Reprenant l'expression de F. CONNE[2], on peut dire que comprendre un problème revient à le rendre calculable. L'élève doit en effet prélever dans le texte de l'énoncé des éléments pertinents et trouver un enchaînement de relations à partir des traits de surface afin d'aboutir à une opération numérique. Sous ce modèle, l'erreur est considérée comme l'instanciation d'un schéma inadéquat (ESCARABAJAL) ou comme un « glissement de sens » (F. CONNE, G. VERGNAUD[3]).

Ce phénomène s'observe fréquemment chez des élèves de 8-9 ans dans le cas de la résolution de problèmes additifs (dont la solution relève d'une addition ou d'une soustraction) tels ceux proposés par G. VERGNAUD ; nous en proposons un exemple ci-dessous :

*Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**-2 Un exemple de glissement de sens dans la résolution d'un problème additif*


Pierre a joué deux parties de billes.
A la première partie, il a gagné 6 billes.
A la seconde partie, il a gagné 4 billes..
Que s'est-il passé en tout ?
interprété comme une composition de deux mesures :
Il a en tout 10 billes.
+ 6
+ 4
+10
glissement de sens
+ 6
+ 4
+10
Composition de deux transformations.
Composition (statique) de deux mesures en un troisième.
représente un état, élément de N ou de D+
représente une transformation, un élément de Z ou de D

Adapté de G. VERGNAUD, *op. cit.* , 1981, p. 224

Ces glissements de sens avaient déjà été mis en évidence par L. APOSTEL[4]. Dans le cas de problèmes exigeant des procédures non accessibles au sujet, il observe que celui-ci simplifie ou supprime les relations en jeu et donc retraduit, déforme

1. J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 99.
2. « Trouver une réponse à un problème d'arithmétique, c'est le rendre calculable », F. CONNE, « Calculs numériques et calculs relationnels dans la résolution de problèmes d'arithmétique », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 1985, vol. 5, n° 3, p. 285.
3. F. CONNE, *idem*, 1985, p. 278 et 292 ; G. VERGNAUD, *op. cit.*, 1981a, p. 224 et 1981b, p. 10.
4. L. APOSTEL et al., *idem*, 1957, p. 203.

l'énoncé. Cette conduite est à rapprocher de la tendance, observée par J.-F. RICHARD[1], qu'ont les élèves à sélectionner ou à interpréter un terme de l'énoncé afin de ramener le problème qu'ils doivent résoudre à un problème déjà connu. Nous verrons ultérieurement que l'analyse didactique de ce type de conduite — et plus particulièrement sous l'angle du contrat didactique — permet d'enrichir l'approche de ces phénomènes.

Trois autres types de processus sont envisagés pour rendre compte de la compréhension et de la résolution d'un problème[2] :

- *Construction d'un espace de recherche* dans le cas où il n'existe pas de schéma disponible. Le sujet doit donc construire la signification du problème par un cheminement à l'intérieur de l'espace de recherche dont nous avons déjà dit quelques mots (voir, *supra*, p. 2) ;

- *Construction d'un modèle particularisé* de situation où la solution est construite par l'élaboration d'une représentation de la situation compatible avec le maximum de données de la situation[3]. Dans le cas d'un problème mal défini (un problème dans lequel il manque une donnée numérique par exemple) l'élève peut être conduit à faire un certain nombre d'inférences sur la valeur de l'information numérique afin de reconstruire la cohérence de la question ;

- *Construction par analogie à un problème connu*[4]. Cette construction suppose qu'une situation analogue soit connue et disponible en mémoire à long terme et pour laquelle le sujet dispose d'un schéma de résolution. Si schéma ne peut être spécifié directement, le sujet est conduit à réaliser des appariements et des ajustements correctifs afin d'adapter le schéma du problème source au problème cible. Dans le cas de problèmes isomorphes

1. J.-F. RICHARD, « Traitement de l'énoncé et résolution de problèmes », *Bulletin de psychologie*, 1986, tome XXXIX, n° 375, p. 341-344. ; *op. cit.*, 1990a, p. 24.
2. Cf. J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 97 et s. ; F. CORDIER et al., « Connaissances et représentations » *in* J.-F. RICHARD et al., *op. cit.*, 1990b, chap. 3, p. 70 et s.
3. J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 128-137.
4. Pour plus d'informations : Cf. T. RIPOLL, « La recherche sur le raisonnement par analogie : objectifs, difficultés et solutions », *L'Année Psychologique*, PUF, 1992, 92, 2 ; J.-P. CAVERNI et al., *op. cit.*, 1990b, p. 145 et s. ; J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 137 et s. ; E. CAUZINILLE-MARMECHE, *op. cit.*, 1991.

dont le contexte diffère fortement le transfert ne s'opère pas (J.-F. RICHARD[1]) remarque le peu de transfert. Celui-ci ne s'observe que si le sujet est informé que la solution du premier problème peut l'aider à résoudre le second, ou lorsque l'élève doit résoudre plusieurs problèmes isomorphes consécutivement — ce qui, au plan didactique, constitue un *effet Topaze*. Dès 1957, A. MORF avait observé, dans le cas de la résolution de problème de logique formelle, que l'efficacité de l'analogie lors des interventions didactiques de l'expérimentateur se limitait aux seuls sujets qui avaient déjà perçu la structure formelle de l'ensemble du problème[2]. (On aboutit ici à la même aporie que celle contenue dans les thèses de Diénès.)

1.3. DE LA METHODOLOGIE AUX QUESTIONS EPISTEMOLOGIQUES

Les concepts théoriques avancés visent à expliquer les réalisations observées chez les sujets — les données expérimentales — par des processus non directement observables mais s'inscrivant dans le paradigme du STI.

J.-F. RICHARD résume la démarche méthodologique de la psychologie cognitive en quatre points[3] :

1. Choix d'un niveau de description comportementale afin d'identifier des observables ;
2. Les interpréter comme des traces des opérations de traitement de l'information ;
3. Inférer les étapes du processus qui sont purement mentales auxquelles ne correspond pas d'observables ;
4. Rechercher un modèle dont ces processus apparaissent comme des réalisations particulières ;

A. NGUYEN-XUAN envisage cette démarche de façon plus fonctionnelle : le modèle élaboré invoque « des mécanismes non observables mais dont le

1. J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 162.
2. A. MORF, « Les relations entre la logique et le langage lors du passage du raisonnement concret au raisonnement formel », *in* L. APOSTEL, B. MANDELBROT, A. MORF, *Logique, langage et théorie de l'information*, PUF, Etudes d'épistémologie génétique III, 1957, p. 204.
3. J.-F. RICHARD, *op. cit.*, 1990a, p. 28.

fonctionnement produit les comportements observables. »[1] Si, *grosso modo*, les psychologues cognitivistes, malgré leur diversité, s'accordent sur les trois premiers points de cette démarche, le consensus est loin d'être établi en ce qui concerne le statut accordé au modèle évoqué dans le quatrième point.

En effet, depuis le rapprochement entre l'homme et la machine opéré par TURING en 1936 et surtout après les thèses de NEWELL et SIMON au début des années 70, deux perspectives se sont dessinées quant au statut accordé à cette analogie et en conséquence sur le statut épistémologique des modèles conçus. Pour comprendre cette opposition, rappelons quels sont, selon D. ANDLER[2], les trois énoncés de base du cognitivisme :

1. Le complexe esprit / cerveau peut être décrit soit de façon matérielle, soit de façon informationnelle. Ces deux niveaux sont indépendants et entretiennent entre eux le même rapport que celui qui existe entre un ordinateur dans son aspect matériel et la réalisation de son programme.
2. Le système cognitif se caractérise à la fois par ses *états* mentaux et par les *processus* conduisent d'un état à l'autre.
3. La logique constitue une sorte de langage « mentalais » (sic) par laquelle s'exprime ces états. Les processus de pensée sont donc réductibles à un petit nombre d'opérations élémentaires et peuvent être décrits et reproduits sans aucune ambiguïté.

Deux perspectives épistémologiques se présentent alors :

- *la perspective dualiste*[3] pour laquelle l'assertion « la pensée *est* un système de traitement de l'information (STI) » n'est qu'une métaphore. Le STI est conçu comme un moyen utile pour représenter, expliquer les processus cognitifs, au même titre que les simulations des processus économiques ou météorologiques ;

- *la perspective unitaire* selon laquelle « la conduite du sujet est réglée par un programme, lequel s'organise à partir d'un ensemble de processus

1. A. NGUYEN XUAN, *op. cit.*, 1982, p. 31.
2. D. ANDLER., « Introduction », *in* D. ANDLER (dir.), *Introduction aux sciences cognitives*, Gallimard, 1992, p. 13-14.
3. Cf. J. MATHIEU, *idem*, 1986, p. 22.

élémentaire de traitement de l'information » d'après l'assertion de NEWELL et SIMON [1].

Ces deux courants correspondent à l'opposition établie par J. SEARLE entre « intelligence artificielle faible » et « intelligence artificielle forte »[2] ou à celle que C. SCHANCK[3] avait proposée, avec amusement, entre les « scruffies » (les débraillés) et les « neats » (les stricts). Nous n'entrerons pas en détail dans ce débat, nous nous limiterons à montrer comment il s'est traduit dans le champ pédagogique.

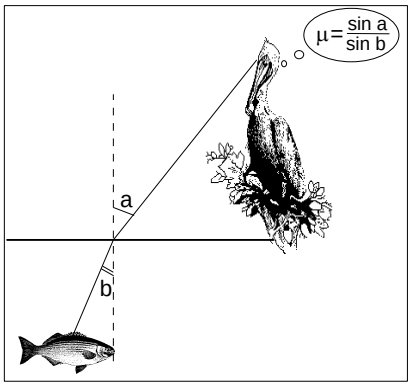
Pour byzantine qu'elle paraisse cette opposition présente des conséquences non triviales. En effet, sous l'hypothèse « forte », la didactique est conçue comme une technique appliquée des sciences cognitives. C'est le voeu de certains auteurs, comme R. GLASER ou M. SCHWEBEL[4], qui proposent même le terme de « psychologie didactique ». Selon nous, l'introduction massive de procédures didactiques visant à « apprendre à apprendre », les programmes de remédiation cognitive, l'enseignement de métaconnaissances procèdent des ambitions des tenants de l'hypothèse forte ou d'une confusion entre métaphore et réalité — que nous avons désigné, en référence à L. SFEZ, « tautisme pédagogique ». En revanche, sous l'hypothèse « faible », la relation de dépendance s'efface laissant à chacune des deux disciplines son autonomie relative, tout en établissant des relations réciproques où chacun assume sa part de responsabilité[5].

Les deux vignettes ci-dessous illustrent les deux pôles de cette opposition. La première, que nous empruntons à F. VARELA[6], représente l'hypothèse forte du cognitivisme selon laquelle les comportements observables représentent une activité mentale strictement syntaxique (computation) : le pélican doit réellement obéir à la loi de la diffraction s'il veut effectivement avaler le poisson. La seconde est une

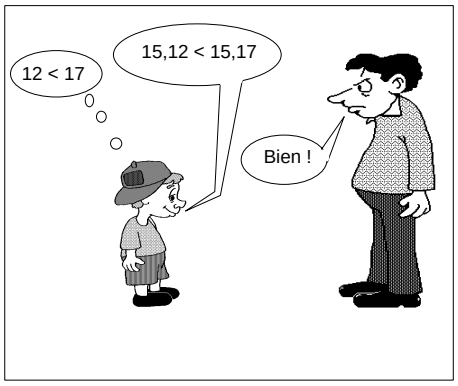
1. NEWELL et SIMON cité par J. MATHIEU, *ibidem*, 1986, p. 22.
2. J. SEARLE, *op. cit.*, 1990, p. 38.
3. R.C. SCHANCK, *op. cit.*, 1987, p. 123.
4. M. SCHWEBEL, « Comment faciliter le développement cognitif », *Perspectives*, 1985, n° 2, vol. XV, p. 172.
5. Sur cette question déjà évoquée Cf. G. BROUSSEAU, *op. cit.*, 1989 b, p. 9 ; G. VERGNAUD, *ibid.*, 1987 a, p. 842.
6. Selon F. VARELA, la principale qualité de l'activité cognitive ne réside pas dans l'actualisation d'une représentation qui serait en accord avec un monde prédéterminé mais dans la faculté de « *poser* les questions pertinentes ». Or, ces questions « ne sont pas prédéfinies mais *enactées*, on les *fait-émerger* sur un arrière-plan et les critères de pertinence sont dictés par notre sens commun, d'une manière toujours contextuelle. », *idem*, 1989, p. 91.

invitation à la prudence à l'égard des raisonnements basés sur le « comme si ». Pour WITTGENSTEIN, ces raisonnements procéderaient d'une « confusion entre similitude et réalité »[1], les formes syntaxiques étant toujours associées à un cadre sémantique — pas toujours partagé, en l'occurrence !

Figure ***Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.****-3 Les dangers de la métaphore*



D'après F. VARELA,*op. cit* , Seuil, 1989, p. 43



" Les propriétés formelles d'un comportement ne suffisent pas à démontrer qu'une règle est suivie. " J. SEARLE, *op. cit.* , 1985, p. 65

Ce débat, engagé dans le domaine de la philosophie de l'esprit, pose, entre autres problèmes, celui des rapports qui peuvent s'établir entre la psychologie cognitive et le champ de l'enseignement-apprentissage. Si certains émettent de larges réserves quand aux possibilités d'applications éducatives des recherches en psychologie cognitive comme D. ANDLER, C. BASTIEN ou encore M. RICHELLE[2] pour qui « il est utopique et vain de concevoir l'enseignement comme un domaine d'application de la psychologie de l'apprentissage », d'autres nuancent davantage leur propos. C'est le cas de M. FAYOL par exemple, qui bien qu'estimant que « la psychologie cognitive n'a pas à inspirer directement la pratique pédagogique » suggère aussitôt après que « l'enseignant doit être un *pourvoyeur de méthodes d'apprentissage* (ce qui suppose qu'il en connaisse certaines) [...] et [qu'il doit] indiquer aux ‘‘ élèves ’’ comment ils doivent procéder pour acquérir telle ou telle connaissance. »[3] Pour d'autres enfin, il ne semble pas faire de doute que les conduites pédagogiques doivent être déduites des

1. L. WITTGENSTEIN, *op. cit.*, 1970, § 261.
2. D. ANDLER, « Sciences cognitives », *Encyclopaedia Universalis*, 1990, p. 73 ; C. BASTIEN, *op. cit.*, 1987, p. 185 ; M. RICHELLE, « Apprentissage et enseignement : réflexion sur une complémentarité », *in* M. CRAHAY et D. LAFONTAINE, *op. cit*, p. 234.
3. M. FAYOL, « Psychologie cognitive et Instruction » *in* J.-M. MONTEIL, M. FAYOL (dir.), *op. cit.*, 1989, p. 134.

modèles psychologiques. C'est la position soutenue par R. GLASER et W. J. PELLEGRINO[1] qui, afin d'optimiser l'apprentissage de la lecture, de l'écriture et de l'arithmétique, proposent d'utiliser les tests d'aptitude afin d'identifier les processus d'apprentissage des élèves et, conséquemment, d'adapter l'enseignement à leur manière d'apprendre. Cette démarche est caractéristique de « l'enseignement méta » ; elle s'inscrit sans aucun doute dans l'hypothèse forte comme en témoignent leurs déclarations : « si les processus mis en jeu dans un modèle de simulation sont semblables à ceux qui interviennent chez les sujets humains, ils peuvent faire l'objet d'un entraînement chez les individus dont la performance représente un niveau faible ou intermédiaire à l'égard de la tâche. Un tel entraînement devrait améliorer la performance. »

Ce même espoir est partagé par le psychologue américain M. SCHWEBEL[2] qui voit dans la « psychologie didactique » un moyen de faciliter et d'accélérer le développement cognitif par l'enseignement de procédures métacognitives.

Comment se traduit ce débat dans le champ pédagogique ? Telle est la question que nous nous proposons de discuter dans la partie suivante.

1. R. GLASER et W. J. PELLEGRINO, « L'analyse des aptitudes en termes de processus cognitifs : la nature des tâches de raisonnement inductif », *Bulletin de psychologie*, 1979, n° 340, p. 606.
2. M. SCHWEBEL, *idem*, 1985, p. 172.

1.4. L'APPRENTISSAGE A LA RESOLUTION DE PROBLEMES

> « Peut-on lire dans une *règle* les circonstances qui excluent logiquement une erreur dans l'utilisation des règles de calculs ? A quoi bon une telle règle ? ne pourrions-nous pas (derechef) nous tromper dans son application ? »
>
> L. WITTGENSTEIN, *De la certitude*, § 26.

> « Et que faire de John qui sait si bien additionner et qui sait aussi chercher des cas particuliers, des ressemblances... et qui ne comprend pas ses problèmes ? Allons-nous chercher des heuristiques du second ordre qui commanderaient les heuristiques du premier, comme le sens des opérations permet de combler le hiatus entre l'apprentissage d'un algorithme et son ''application'' ?»
>
> G. BROUSSEAU, « A propos d'ingénierie didactique », 1982, 34.

Si l'intérêt de la noosphère pour l'apprentissage *à* la résolution de problème apparaît au début des années 80, ce thème n'est introduit, et désigné explicitement dans les instructions officielles comme un objet d'enseignement qu'en 1985. Il y est stipulé que le maître doit aider les élèves « à se forger des méthodes de travail [...] [Il convient de les] habitue[r] à organiser les données (ce qui suppose des outils et la capacité de la choisir) ; à associer à une question posée les connaissances utiles ; à exprimer, oralement et par écrit, leurs démarches et les résultats obtenus. »[1] C'est à cette exigence institutionnelle qu'ont répondu les premiers ouvrages scolaires proposant un « enseignement méta ». Le manuel *Objectif calcul* fut, à notre connaissance, le premier à avoir proposé de façon détaillée, de nombreuses leçons « métacognitives ». L'engouement pour cet enseignement sera réaffirmé en 1989 puisqu'il apparaît dans le second principe établi par la commission dirigée par P. BOURDIEU et F. GROS à l'occasion de la consultation nationale sur les contenus de l'enseignement[2]. Enfin, cet apprentissage méthodologique est explicitement prescrit et détaillé dans les textes définissant la « nouvelle politique pour l'école ». Ainsi, on peut lire sous la rubrique consacrée aux « compétences méthodologiques : traitement de l'information » qu'il est nécessaire que les élèves sachent « sélectionner des informations utiles et les organiser logiquement »[3]. Cet objectif apparaît de nouveau à propos des compétences disciplinaires (rubrique « résolution de

1. Ministère de l'Education Nationale, *op. cit.*, 1991, p.104.
2. Ministère de l'Education Nationale, *Principes pour une réflexion sur le contenu de l'enseignement*, [rapport de la commission dirigée par P. BOURDIEU et F. GROS], mars 1989, p. 6.
3. Ministère de l'Education Nationale, *op. cit.*, 1991, p. 36.

problèmes ») où il est demandé que l'élève soit capable de « reconnaître, trier, organiser et traiter les données utiles à la résolution d'un problème »[1].

Comme le signale P. PERRENOUD[2], « les textes [officiels] n'ont d'autre sens que celui qu'on leur donne » ; très souvent ce sont les auteurs des manuels qui leur confèrent une signification et beaucoup de maîtres se fient à cette transcription des programmes officiels[3]. Or, rappelons-le, les manuels scolaires sont énormément utilisés par les enseignants et plus particulièrement en mathématiques — en 1987, 86 % des maîtres utilisaient dans leur classe un manuel de mathématiques[4]. Il n'est donc pas inutile de consulter les médias pour l'enseignement ; nous verrons ainsi comment sont traduites les orientations ministérielles.

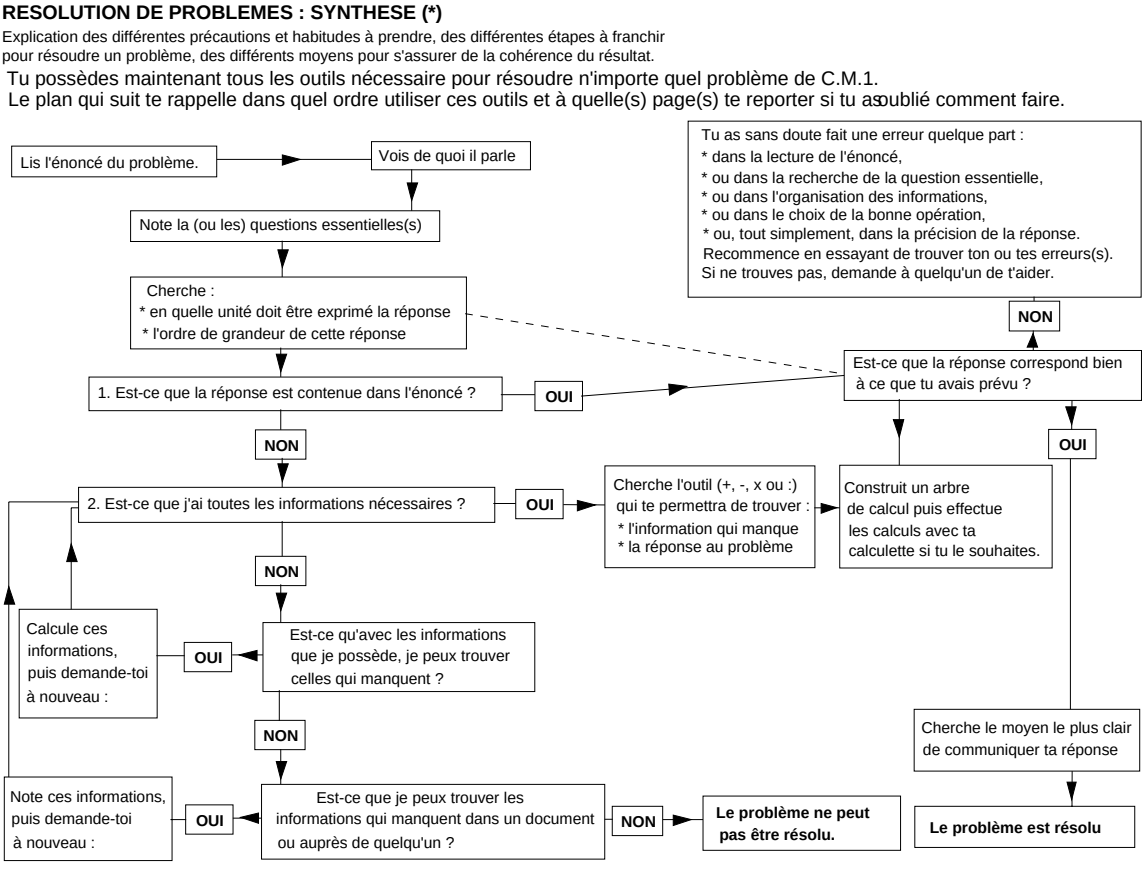
Dans l'ensemble, elles ont été largement satisfaites par les auteurs de manuel. En effet, l'apprentissage à la résolution de problèmes apparaît comme un nouvel objet d'enseignement. Plusieurs modules indépendants ont été définis et correspondent chacun à une ou plusieurs leçons selon l'objectif visé : « organiser des données », « identifier un contexte », « rechercher la question essentielle », « identifier le bon outil »,... Selon cette perspective, pour résoudre un problème l'élève doit « savoir combiner de très nombreuses compétences. La démarche suivie consiste à développer séparément et progressivement ces différentes compétences pour à terme les faire jouer simultanément. »[5]. « Ces leçons [étant] à considérer comme autant de temps nécessaires, réservées à l'exercice systématique des capacités déterminées », précisent les auteurs d'un manuel de CM2[6].

Ces prescriptions et cette transposition didactique ne sauraient trop nous rappeler les ambitions du programme UNDERSTAND, ou celles GPS, des premiers cognitivistes que nous avons présentées au début de ce chapitre (voir, *supra*, p. 2). Afin de nous convaincre entièrement de cette filiation nous rapportons ci-dessous l'organigramme d'un algorithme de résolution synthétisant l'ensemble de dix leçons destinées à des élèves de CM1. Cet organigramme se passe de commentaire, on y reconnaîtra sans difficulté la très nette influence des théories précédemment présentées.

---

1. Ministère de l'Education Nationale, *op. cit.*, 1991, p. 52.
2. P. PERRENOUD, *op. cit.*, 1984, p. 113.
3. D'après le *Rapport de l'inspection générale de l'éducation nationale* (documentation française, 1993, p. 242) la plupart des maîtres suivent le programme proposé par le manuel scolaire qu'ils ont choisi.
4. C. GUIGON, *L'école face aux défis du futur*, Savoir-Livre (ed.), 1987.
5. Y. CLAVIER et al., *Objectif calcul CM1 :* livre du maître, Hatier, 1987, p. 3. C'est nous qui soulignons.
6. M. BOUCHET et al., *Calcul et géométrie : livre du maître*, Nathan, 1989, p. 137.

*Figure **Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document.**-4 Un algorithme de résolution enseigné au CM1*


RESOLUTION DE PROBLEMES : SYNTHESE (*)
Explication des différentes précautions et habitudes à prendre, des différentes étapes à franchir pour résoudre un problème, des différents moyens pour s'assurer de la cohérence du résultat.
Tu possèdes maintenant tous les outils nécessaire pour résoudre n'importe quel problème de C.M.1.
Le plan qui suit te rappelle dans quel ordre utiliser ces outils et à quelle(s) page(s) te reporter si tu as oublié comment faire.
Lis l'énoncé du problème.
Vois de quoi il parle
Note la (ou les) questions essentielles(s)
Cherche :
* en quelle unité doit être exprimé la réponse
* l'ordre de grandeur de cette réponse
1. Est-ce que la réponse est contenue dans l'énoncé ?
OUI
NON
2. Est-ce que j'ai toutes les informations nécessaires ?
OUI
NON
Cherche l'outil (+, -, x ou :) qui te permettra de trouver :
* l'information qui manque
* la réponse au problème
Construit un arbre de calcul puis effectue les calculs avec ta calculette si tu le souhaites.
Est-ce qu'avec les informations que je possède, je peux trouver celles qui manquent ?
OUI
NON
Calcule ces informations, puis demande-toi à nouveau :
Est-ce que je peux trouver les informations qui manquent dans un document ou auprès de quelqu'un ?
OUI
NON
Note ces informations, puis demande-toi à nouveau :
Le problème ne peut pas être résolu.
Tu as sans doute fait une erreur quelque part :
* dans la lecture de l'énoncé,
* ou dans la recherche de la question essentielle,
* ou dans l'organisation des informations,
* ou dans le choix de la bonne opération,
* ou, tout simplement, dans la précision de la réponse.
Recommence en essayant de trouver ton ou tes erreurs(s).
Si ne trouves pas, demande à quelqu'un de t'aider.
NON
Est-ce que la réponse correspond bien à ce que tu avais prévu ?
OUI
Cherche le moyen le plus clair de communiquer ta réponse
Le problème est résolu

(*) Y. CLAVIER et col., *Objectif calcul* CM1 : livre de l'élève, Hatier, 1987, p.158-159
M.-L. PELTIER et col.*Le nouvel objectif calcul* CM 1 : livre de l'élève, Hatier, 1995, p.222-223.

1.4.1. REPRESENTATION DE L'ELEVE ET CONCEPTION DU PROCESSUS DIDACTIQUE DANS « L'ENSEIGNEMENT-META »

« L'enseignement-méta » considère l'élève comme un « système devant traiter de l'information » et la résolution d'un problème comme une activité algorithmique obéissant à des règles syntaxiques. Les fondements de ces procédures didactiques sont explicitement formulés dès 1984 par J. MATHIEU et E. CAUZINILLE-MARMECHE[1]. Ils reposent sur trois postulats :

1. « Une des caractéristiques de l'esprit humain est sa faculté d'apprentissage » ;

[1]. J. MATHIEU, E. CAUZINILLE-MARMECHE, « Apport des systèmes experts à l'étude de l'acquisition des connaissances », *Bulletin de psychologie*, 1984, n° 368, tome XXXVIII, 161-165.

2. « Les systèmes experts adaptatifs ont cette caractéristique d'être aisément modifiables [...] du fait de l'indépendance des différents blocs de connaissance » ;
3. « Les progrès récents tant de l'Informatique et de l'Intelligence Artificielle, que de la Psychologie Cognitive, permettent désormais d'envisager de nouvelles conceptions de l'enseignement assisté par ordinateur. » (ce qui fut fait[1]).

La conception didactique sous-jacente se résume en trois points :

1. Décomposer une activité complexe en module indépendant. Cette décomposition devant être conforme aux modèles validés par simulation — ce qui constitue la légitimité informatique ;
2. Comparer, sur ces différents points, les processus de raisonnements entre les novices et les experts dans une même tâche[2] — ce qui constitue la légitimité psychologique ;
3. En déduire des stratégies d'intervention didactiques afin de combler l'écart déterminé à l'étape précédente[3].

Le modèle exposé dans la figure précédente procède cette conception didactique ; l'analogie avec le formalisme d'un *système expert*[4] y est patente :

1. De façon analogue au système expert, cet enseignement est modulaire : les connaissances, qui devront être stockées en mémoire à long terme, sont ici considérées comme indépendantes les unes des autres.

---

[1]. E. CAUZINILLE-MARMECHE, J. MATHIEU, « Les tutoriels intelligents : des systèmes d'aide à la résolution de problèmes », *Psychologie Française*, 1984, t. 29, n° 3 ; E.. CAUZINILLE-MARMECHE, *op. cit.*, 1991.

[2]. M. CAILLOT, « La résolution de problèmes de physique : représentations et stratégies », *Psychologie Française*, 1984, t. 29-21, p. 257-262. L'auteur montre que les novices construisent une représentation basée sur les traits de surface de l'énoncé et utilisent des heuristiques très générales alors que les experts élaborent des représentations sur la base de principes liés au champ de connaissance de la discipline et utilisent, en conséquence, des heuristiques très spécifiques. Aussi, conclut-il « un enseignement à la résolution de problèmes dont le but explicite serait d'apprendre aux élèves à construire des représentations physiques efficaces [...] serait sûrement d'une grande aide aux élèves. » p. 261.

[3]. S'appuyant sur la compraraison classique des procédures utilisées par les experts et les novices, R. GLASER estime qu'il « est crucial d'enseigner aux enfants des procédures d'organisation de l'information ‘‘ stockée ’’ en mémoire [...] » R. GLASER, *idem*, 1986, p. 267.

[4]. Sur le fonctionnement et la structure d'un système expert Cf. J.-P. et M.-C. HATON, *L'intelligence artificielle*, PUF, 1989, p. 68 et s. ; J.-G. GANASCIA, « La conception des systèmes experts », *in La Recherche en intelligence artificielle*, Chap. 12, Seuil - La Recherche, p. 313-334.

2. La « base de faits » se rapportant au problème particulier à traiter correspond aux modules : « lis l'énoncé », « vois de quoi il parle », « note la question essentielle », ou aux faits circonstanciels qui sont découverts au cours du traitement : « La réponse est contenue dans l'énoncé », « la réponse doit être exprimée en ‘‘ francs ’’ » ;
3. Les différentes leçons administrées aux élèves durant l'année (« identification du contexte », « identifier le bon outil », « analyse de l'énoncé »...) constituent l'équivalent de l'ensemble règles de production du système expert.

1.4.1.1.Discussion

De façon générale, nous rejoindrons l'avis de G. VERGNAUD qui souligne « la faiblesse des idées et des modèles débattus dans les sciences cognitives, notamment en psychologie et en intelligence artificielle. Peu d'entre eux, prennent en charge le problème de la conceptualisation, qui à l'évidence est au coeur des processus cognitifs. »[1]

Mais supposons un instant que la transposition didactique *stricto sensu* du modèle cognitiviste soit didactiquement pertinente. Alors deux questions se posent :

1. Comment est traitée, au plan didactique, la gestion des différents modules ? En effet, si la résolution d'un problème *P* est décomposable en sous-problèmes P_1, P_2... P_n, pouvant se résoudre, conformément au principe de modularité de ce type d'enseignement, de façon indépendante quel type de processus didactique est envisagé afin de permettre à l'élève de gérer l'application des règles enseignées ? Pour reprendre les termes utilisés en intelligence artificielle, quel est le correspondant didactique du moteur d'inférence, ou de l'interpréteur (voir *supra*, p. 3) ?

On ne peut que constater sa remarquable absence. Cette absence témoigne, selon nous, de l'impossibilité de formaliser et d'« algorithmiser » les attentes a-didactiques. Si celles-ci constituent le but de la relation didactique elles représentent aussi le point aveugle cette relation ; ce sont elles qui sont mobilisées au coeur du contrat didactique. Aussi, il n'est pas surprenant que les partisans d'un enseignement méta soient si favorables à l'idée d'un contrat explicite où il suffirait à l'enseignant d'indiquer à l'élève ce qu'il attend de lui pour nécessairement l'obtenir. L'ordinateur

[1]. G. VERGNAUD, « Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel », *in* M. ARTIGUE et al. (eds), *op. cit.*, 1994, p. 177.

à la différence de l'homme n'est pas capable de faire un usage métaphorique de la règle ; c'est là, que se joue selon nous la délicate question de la signification. C'est ce que nous aborderons dans le chapitre suivant.

Si le principe de modularité sous-tendu par cet enseignement a une forte légitimité informatique il n'a qu'une faible légitimité psychologique. Les travaux de D. CHARTIER et J. LAUTREY ont en effet montré que « la qualité de la performance dans les tâches de raisonnement ne dépend que faiblement de l'efficacité dans chacune des compétences isolées (que l'efficacité soit évaluée par le temps d'exécution de la composante ou par le nombre d'erreurs dont elle est responsable). »[1]

2. A. BLANCHET propose de distinguer deux ordres qui sont mêlés dans la résolution de problèmes : l'ordre téléonomique et l'ordre causal[2]. Le premier, encore appelé ordre récursif[3], concerne le but de la résolution — ce à quoi l'élève doit parvenir — et les moyens mis en oeuvre pour l'atteindre. Le second, appelé aussi ordre productif, est orienté vers la compréhension ; il concerne les relations de cause à effet dans les décisions de traitement du problème dont dépend la compréhension des réussites ou des échecs.

L'ordre causal est ignoré par l'enseignement méta. En effet, imaginons que l'élève puisse suivre correctement l'algorithme que nous avons présenté ci-dessus (p. 20), il réussira sans comprendre les raisons de sa réussite ; or n'est-ce pas cette compréhension qui est visée par le professeur lorsqu'il enseigne les mathématiques par la résolution de problèmes ? Reprenant la distinction introduite par PIAGET[4], il y a ici confusion entre « logique de l'apprentissage » et « apprentissage de la logique », ces deux apprentissages étant définis dans un rapport dialectique : « s'il existe un apprentissage de la logique, c'est parce qu'il [...] existe une logique de l'apprentissage. » Cette dialectique entre les deux ordres précédemment évoqués est au centre des modélisations construites dans le champ de la didactique fondamentale. Elle apparaît dans la théorie de G. VERGNAUD, à travers la double boucle entre les

1. D. CHARTIER, J. LAUTREY, « Peut-on apprendre à connaître et à contrôler son propre fonctionnement cognitif ? », *L'orientation scolaire et professionnelle*, 1992, vol. 21, 1, p. 36.

2. Nous nous référons ici à la distinction établie par A. BLANCHET, *Etude génétique des significations et des modèles utilisés par l'enfant lors de résolution de problèmes*, Thèse de doctorat, Université de Genève, 1981, p. 24 et s.

3. Dans l'ordre causal, la cause précède l'effet alors que dans l'ordre téléonomique le but précède des moyens. Cf. B. INHELDER, *idem*, 1980. Ces deux ordres sont associés à deux types de raisonnements utilisés en intelligence artificielle : le « chaînage arrière » (du but vers l'énoncé) et le « chaînage avant » (de l'énoncé au but). Cf. C. BONNET et al., *op. cit.*, 1986, p. 30.

4. P. GRECO, J. PIAGET, *Apprentissage et connaissance*, PUF, 1959, p. 177 et s.

aspects sémantiques et syntaxiques de la représentation au centre de laquelle se situent les invariants (voir *supra*, p. 8). Cette dialectique est aussi au centre de la théorie des situations de G. BROUSSEAU : en effet, elle permet de décrire et d'expliquer les filiations entre l'ordre téléologique — essentiellement dans la dialectique de l'action —et l'ordre causal — dans la dialectique de la formulation mais principalement dans la dialectique de la validation — tout en maintenant le sens de la connaissance visée par l'enseignement. Elle permet ainsi de rendre compte des relations causales entre processus d'enseignement et processus d'apprentissage sans avoir besoin de postuler l'existence d'un mécanisme quelconque qui réglerait l'application — le sens, pourrait-on dire — des connaissances[1]. C'est là toute la différence entre une conception endogène et exogène de la didactique.

Sans glisser dans un pessimisme excessif, nous pensons que ces prescriptions didactiques risquent de recevoir un large agrément de la part des acteurs (formateurs, responsables hiérarchiques, professeurs).

A cela nous voyons principalement cinq raisons :

1. D'une part, la « scientificité » apparente de ces modèles constitue, aux yeux de certains, et notamment des principaux acteurs — formateurs et instituteurs — un gage d'efficacité du processus d'enseignement. Les arguments avancés par les publicitaires sont, à cet égard, un bon indicateur. Prenons l'exemple d'une publicité éditoriale pour un manuel de mathématique[2] qui met en avant ce type de légitimité théorique : l'éditeur souligne la volonté de « construire une progression pédagogique qui s'appuie sur les apports les plus récents de la recherche » [...] Les auteurs ont tenté de retenir le meilleur des apports de la recherche pédagogique depuis 1970 ». Cet argument est d'autant plus convaincant que l'un des auteurs — R. BRISSIAUD — est « professeur de mathématiques titulaire d'un DEA de psychologie cognitive ».

2. D'autre part, il est souvent rappelé que l'école a le devoir de former des sujets qui devront s'adapter aux exigences de la vie sociale et d'anticiper sur leurs évolutions. Or, dans un proche avenir, nombreux sont ceux qui seront amenés à changer plusieurs fois d'activité professionnelle au cours de leur vie ; ils devront donc

1. La question du lien entre une règle et son application sera abordée dans le chapitre suivant. Voir, *infra*, § « Résoudre un problème et ‘‘suivre une règle’’ ».
2. R. BRISSIAUD, P. CLERC, A. OUZOULIAS, *J'apprends les mathématiques*, Retz, 1990.

être capables d'apprendre, de réapprendre et de gérer leurs propres processus d'apprentissage[1].

3. Ces prescriptions ne modifient pas les comportements pédagogiques habituels des maîtres et ont, en conséquence, de fortes chances d'être adoptées. En effet, l'enseignement des métaconnaissances, de méthodes de résolution, sont, comme nous l'avons vu, facilement « algorithmisables ». Il se prête ainsi aux modalités d'un enseignement classique du type « informer-mémoriser-appliquer » — schéma qui correspond, bien souvent, à l'épistémologie spontanée des maîtres.

4. Cet enseignement est « didactiquement » peu coûteux — autant pour les maîtres que pour les formateurs ; et produit des résultats rapides qui paraissent, de prime abord, satisfaisants. (Leur validité sera discutée dans la partie suivante.)

5. Enfin, en fournissant à l'élève les moyens de « résoudre n'importe quel problème », comme le soutiennent les auteurs d'*Objectif calcul*, le maître est placé dans un contrat confortable puisque l'élève « est condamné à réussir ». Nous estimons avec G. BROUSSEAU que « dans cette réduction drastique, l'élève est identifié à un algorithme de production de démonstrations selon les règles de la logique mathématique. Ce contrat permet au professeur la défense la plus sûre : il ne prend en charge que les connaissances reconnues dans son propre domaine. Il lui suffit de les exposer dans un ordre axiomatique et d'exiger les axiomes comme des évidences. »[2]

1.4.2. POURQUOI UN TEL ENGOUEMENT POUR CES FORMES PEDAGOGIQUES ?

Une première raison tient, selon nous, au mépris, souvent déguisé mais réel, qui s'exerce à l'égard des pédagogues[3] et dont on peut penser qu'il n'est pas sans effet sur

1. Sur cette question, voir la note de synthèse de M. FAYOL, J.-M. MONTEIL, « Stratégies d'apprentissage / Apprentissage de stratégies », *Revue Française de Pédagogie*, n° 106, 1994, p. 105-106.

2. G. BROUSSEAU, « Les différents rôles du maître», *Bulletin de l'association mathématique du Québec*, 1988, vol. 2, n° 2, p. 14-24.

3. Ce mépris s'exerce souvent par leur remarquable absence dans les débats médiatiques sur les questions éducatives ; les journalistes préfèrent solliciter l'opinion d'un Prix Nobel de physique, d'un Doyen de l'Académie des Sciences, ou d'un auteur de la « grande presse » comme S. BARUK qui fut à maintes fois invitée par *France Culture* aux *Rencontres de Pétrarque* (du 10/08/93), à l'émission *Mise au point* (du 26/10/93), etc. Afin de donner un avis éclairé sur l'état de l'enseignement des mathématiques.

la perception qu'ont les enseignants de leur propre savoir professionnel. Les médias, certains décideurs politiques... laissent croire qu'un éminent pédiatre, un prix Nobel de physique[1], un psychologue renommé ou un mathématicien de haut niveau... sont plus à même qu'un didacticien ou qu'un chercheur en sciences de l'éducation pour se prononcer sur les problèmes posés par l'enseignement, pour indiquer aux maîtres ce qui serait souhaitable de faire — ou d'éviter de faire —, voire encore de leur expliquer pourquoi certains élèves rencontrent des difficultés. Cette logique qui s'exprime dans les politiques éducatives peut conduire, à terme, à un macro *effet Diénès* en diluant dans l'espace des discours de ces « pseudos spécialistes » la responsabilité didactique de l'enseignant en le laissant croire à la scientificité de ces discours. Pour autant qu'un physicien de génie puisse être reconnu comme un scientifique de haut niveau dans son domaine, le choix d'infléchir les politiques éducatives sur la base des opinions qu'il affiche n'est pas, quant à lui, un choix scientifique[2].

Une seconde raison tient à la « relative jeunesse » de la didactique ; ses théories et ses concepts ne sont pas encore suffisamment connus — ou reconnus ? On peut espérer que sa diffusion permettra de circonscrire des champs de recherches, tout en les articulant aux champs connexes. Ceci permettrait d'éviter ainsi l'hégémonie de ceux qui proposent des procédures de remédiations didactiques sans jamais interroger les conditions d'appropriation d'une connaissance. Les perspectives de recherches actuelles de M.-L. SCHUBAUER-LEONI et d'A.-N. PERRET-CLERMONT constituent, selon nous, un bon exemple d'articulation du champ psychosocial à celui de la didactique. Aussi, souscrivons-nous au voeu exprimé par G. BROUSSEAU : « Une des fonctions de la didactique pourrait être alors [...] de contribuer à mettre un frein à un processus qui consiste à transformer le savoir en algorithmes utilisables par des robots ou des humains sous-employés et à diminuer la part de réflexion noble dans toutes les activités humaines pour en faire la dévolution à quelques-uns. Pour

[1]. A propos des nombreuses interventions (télévisées) de P.-G. DE GENNES, P. BOURDIEU déclara, à l'occasion d'un entretien sur la question des médias (« La misère des médias », *Télérama*, n° 2353, 15/02/1995) : « il peut parler de tout, parce qu'il est le seul à pouvoir parler d'une chose dont il ne parle pas [...] il dit n'importe quoi sur des terrains où il n'a pas de discours à tenir. » (p. 11).

[2]. Sur la question des relations entre pouvoir et science Cf. P. FEYERABEND, *Adieu la raison*, Seuil, 1989. L'auteur montre que « les décisions concernant la valeur et l'usage de la science ne sont pas des décisions scientifiques ; elles constituent ce qu'on pourrait appeler des décisions ‘‘existentielles’’ ; ce sont des décisions sur la manière de vivre, de penser, sentir et se comporter. », p. 39 ; Voir aussi L. SFEZ, « Science et pouvoir : La question des experts », *in* M. AMIOT et col. (eds), *op. cit.*, 1993, p. 169-176.

sacrifier au dieu de la soi-disant efficacité, l'enseignement prête son concours aujourd'hui à la réduction algorithmique et à la démathématisation. J'espère profondément que la didactique pourra combattre cette dépossession et cette déshumanisation. »[1]

1.4.3. DE L'ENSEIGNEMENT DES METHODES A L'ENSEIGNEMENT METACOGNITIF

> « Avec les pièces d'un jeu d'échec, je peux jouer selon certaines règles. Mais je pourrais aussi inventer un jeu dans lequel je joue avec les règles mêmes. Les pièces de mon jeu sont maintenant les règles du jeu d'échecs et les règles du jeu sont disons les lois logiques. *Ce que j'ai alors, c'est à nouveau un jeu et non un méta-jeu.*»
>
> L. WITTGENSTEIN, *Remarques philosophiques*, 1975, 306.

Selon les déclarations des professeurs ou d'après certaines publications, l'enseignement de méthodes de résolution permet d'obtenir rapidement des résultats apparemment satisfaisants. Ces enseignements, comme le reconnaît R. GLASER, « rendent certes les enfants capables d'appliquer vite et bien des procédures fastidieuses sans les intégrer, mais ne développeront pas le type de compétences qui pourraient naître de la compréhension de la nature des nombres. »[2] C. GEORGE et J.-F. RICHARD[3] montrent que si l'enseignement de méthodes de résolution s'avère efficace, cette efficacité se manifeste de façon très locale. Les élèves ne sont pas, en effet, capables de transférer les procédures enseignées dans des problèmes isomorphes ou dans d'autres classes de problèmes appartenant pourtant au même champ disciplinaire. C'est à la suite de ces observations que s'est développé l'intérêt pour les recherches sur la métacognition (J.H. FLAVELL[4]).

Les tenants de la métacognition postulent qu'il suffit de faire prendre conscience aux élèves les plus faibles de leurs propres procédures et de leur enseigner des stratégies métacognitives — notamment celles qui sont mise en oeuvre par les bons élèves. (Les bons élèves — « les bons compreneurs » — se distinguent des plus faibles par leur capacité à sélectionner les indicateurs structuraux (*vs* les indicateurs

1. G. BROUSSEAU, *op. cit.*, 1989 a, p. 68.
2. R. GLASER, *ibidem*, 1986, p. 253.
3. C. GEORGE, J.-F. RICHARD, « Contributions récentes de la psychologie de l'apprentissage à la pédagogie », *Revue Française de Pédagogie*, 1982, n° 58, p. 78.
4. J.H. FLAVELL, « Le développement métacognitif » *in* J. BIDEAUD, M. RICHELLE (eds), *op. cit.*, 1985, p. 29-42.

de surface). Ils se montrent donc capables d'identifier et de mémoriser les caractéristiques structurales des problèmes et de leurs solutions[1].)

1.4.3.1. L'efficacité de l'enseignement métacognitif

L'enseignement métacognitif vise à développer chez les élèves des compétences à la fois sur le plan des stratégies métacognitives dans la résolution de problèmes et sur celui de la régulation, ou de la planification, des activités de compréhension[2]. Répétons-le, il nous semble qu'il y a dans cette volonté un glissement dans le statut épistémologique du concept de métacognition. Il serait absurde d'affirmer que cet objet n'existe pas et qu'on ne peut établir des connaissances à son sujet. Les élèves semblent effectivement capables, dans certaines circonstances, de contrôler leur fonctionnement cognitif sur la base de leurs connaissances psychologiques. Mais il convient de ne pas se méprendre sur le statut de cette description. C'est en effet tout autre chose d'affirmer que l'enseignement de connaissances métacognitives permet à l'élève de contrôler ou de guider ses stratégies cognitives. Aussi, nous pensons avec A.-M. MELOT qu'il convient d'éviter deux écueils, qui a bien y regarder ressemblent fort à un paradoxe : « enseigner sans plus des stratégies cognitives particulières qui seront très efficaces mais applicables à un domaine extrêmement restreint et donc peu généralisables d'une part ; enseigner des stratégies métacognitives transsituationnelles extrêmement puissantes car généralisables en principe mais qui risquent d'être sans objet au moins pour certains sujets (trop jeunes et/ou trop novices). »[3]

L'efficacité de cet enseignement, bien que largement annoncé dans de nombreuses publications, mérite d'être interrogé. C'est à cette tâche que M. HUTEAU, E. LOARER ou D. CHARTIER, J. LAUTREY[4] se sont consacrés. Les résultats de leur recherche montrent que les stratégies cognitives et métacognitives ne sont pas transférables à d'autres domaines que ceux dans lesquels elles ont été

---

1. C. GEORGE et J.-F. RICHARD, *idem*, 1982, p. 84 ; J.-P. ROSSI, A. BERT-ERBOUL, « Sélection des informations importantes et compréhension de textes », *Psychologie Française*, 1991, 36-2, p. 140.

2. Pour une présentation plus complète, Cf. L. ALLAL, M. SAADA-ROBERT, « La métacognition : cadre conceptuel pour l'étude des régulations en situation scolaire », *Archives de Psychologie*, 1992, n° 60, 265-296 ; E. BAUTIER-CASTAING, A. ROBERT, « Réflexions sur le rôle des représentations métacognitives dans l'apprentissage des mathématiques », *revue française de pédagogie*, n° 84, 1988, p. 13-20 ; E. CAUZINILLE-MARMECHE, A. WEIL-BARAIS, *op. cit.*, 1989 ; E. CAUZINILLE-MARMECHE E., *op. cit.*, 1991.

3. A.-M. MELOT, « Contrôle des conduites de mémorisation et métacognition », *Bulletin de psychologie*, n° 399, t. XLIV, 1991, p. 144.

4. D. CHARTIER, J. LAUTREY, *idem*, 1992 ; M. HUTEAU, E. LOARER, « Comment évaluer les méthodes d'éducabilité cognitive ? », *L'orientation scolaire et professionnelle*, 1992, vol. 21, 1.

enseignées, elles restent très liées aux contenus utilisés pour leur enseignement. Il y a fort à parier que les progrès enregistrés seraient dus à un simple *effet Hawthorne*[1] ou, comme nous l'avons montré par ailleurs, à un *effet Jourdain* correspondant à un déplacement du contrat didactique[2].

1.4.3.2. Le paradoxe de l'enseignement métacognitif

> « Le contexte et le sens commun ne sont pas des artefacts résiduels pouvant être progressivement éliminés grâce à des règles plus sophistiquées. Ils sont en fait l'essence même de la cognition créatrice. »
>
> F. VARELA, *op. cit.*, 1989, 98.

PIAGET[3] se demandait avec une pointe d'humour « si pour apprendre à apprendre il ne fa[llait] pas déjà savoir apprendre ». C'est, selon nous, à ce constat non formulé qu'arrive B. NOËL dans son ouvrage sur la métacognition[4].

OOO bservant les difficultés qu'ont les élèves à émettre un jugement métacognitif exact, elle se propose d'en déterminer les causes afin d'améliorer leur compétence métacognitive pour *in fine* optimiser l'efficacité cognitive, notamment au plan scolaire. Son travail montre que ces difficultés sont liées à l'activation de processus cognitifs inadaptés à la situation.

Pour ce faire, elle suggère à l'enseignant un certain nombre de procédures didactiques afin d'éviter que les obstacles didactiques (qu'elle désigne par le terme de « préreprésentation erronée ») viennent perturber le processus d'enseignement.

> « L'enseignant, soucieux d'éviter l'intervention de préreprésentations incorrectes dans l'apprentissage s'attachera à vérifier la compréhension univoque des concepts [sic] [...] L'enseignant sera amené à rendre l'élève attentif à [...] sélectionner les éléments pertinents ou discriminatifs [...] »[5]

---

1. « On appelle *effet Hawthorne* les résultats, positifs ou négatifs, qui ne sont pas dus aux facteurs expérimentaux, mais à l'effet psychologique que la conscience de participer à une recherche et d'être l'objet d'une attention spéciale exerce sur le sujet ou sur le groupe expérimental. », G. DE LANDSHEERE, *Introduction à la recherche en éducation*, A. Colin-Bourrelier, 1976, p. 51.
2. B. SARRAZY, *op. cit.*, 1990, 1994.
3. P. GRECO, J. PIAGET, *op. cit.*, 1959, p. 17.
4. B. NOËL, *La métacognition*, De Boeck, 1991.
5. B. NOËL, *idem*, 1991, p. 178-179.

En d'autres termes, si un élève ne sait pas reconnaître les éléments pertinents d'une situation, il s'agira de lui enseigner à le faire à l'aide d'un enseignement métacognitif. Or, selon l'auteur, les jugements métacognitifs des élèves sont biaisés du fait même que ces derniers ne savent pas, entres autres, sélectionner les éléments pertinents d'une situation : il s'agit donc de leur enseigner !... Autrement dit, pour d'optimiser le jugement métacognitif, il faut recourir à des procédures didactiques que le jugement métacognitif était censé optimiser : pour apprendre A il faut apprendre A' et pour apprendre A' il faut apprendre A.

Déplacer les problèmes est une façon de les résoudre, provisoirement...

1.5. CONCLUSION

Nous pensons avoir maintenant de bonnes raisons d'affirmer que les modèles prescriptifs de l'apprentissage à résolution de problèmes sont directement dérivés des théories développées en intelligence artificielle et en psychologie cognitive. C'est principalement dans le modèle du GPS et dans l'architecture du système de production qu'on peut situer l'origine de l'enseignement de méthodes de résolution. Ces méthodes s'avérèrent d'efficacité limitée, les élèves n'étant pas capables de transférer les conduites cognitives dans des situations nouvelles. Le modèle du système expert, palliant alors aux inconvénients de son ancêtre, constitua le nouveau paradigme de l'enseignement méta. Mais cet enseignement bute sur un point essentiel : l'équivalent didactique du moteur d'inférence. Ce « trou noir » de l'enseignement méta témoigne de son incapacité d'intégrer les rapports entre une règle et son application et phagocyte, par là même, toutes les questions qui sont liées au contrat didactique. Ignorer ces questions conduit à assimiler à tord la logique de l'enseignement à celle de l'apprentissage. C'est ce type de confusion de catégorie que L. WITTGENSTEIN relève, maintes fois, dans les *Investigations* :

> « ''Lorsque j'enseigne à quelqu'un la formation d'une série... j'entends bien qu'à la centième place il écrive...'' — C'est parfaitement juste : vous entendiez cela. Et ce, évidemment, sans même y penser nécessairement. Voilà qui montre combien différente est la grammaire du verbe ''entendre'' (''vouloir dire'') de celle du verbe ''penser''. Et qu'il n'est rien de plus aberrant que de nommer ''vouloir dire'' une activité mentale ! A moins qu'on ne veuille créer une confusion. (On pourrait également parler d'une activité du beurre lorsque son

> prix augmente ; et si cela ne crée pas de problèmes, cela ne tire pas à conséquence.) »[1]

L'idéologie de la transparence se nourrit de telles « erreurs grammaticales » et entretient la confusion entre enseignement et apprentissage. Mais elle détourne aussi les enseignants de préoccupations didactiques, selon nous, plus fondamentales, — par exemple, sur la question de la signification — en laissant penser qu'une planification adéquate d'heuristiques les dégage de toute implication et de toute responsabilité dans la négociation du contrat didactique. Ce « macro » *effet Diénès* permettrait de donner l'illusion d'une modernisation, à bon compte, du système d'enseignement et renforce du même coup l'idée de la transparence et de la linéarité de la relation didactique.

Ne nous méprenons pas, nous n'affirmons pas que l'enseignement des règles n'a aucun lien avec la résolution d'un problème, mais seulement que la relation entre le contenu formel d'une règle et son application n'est pas aussi univoque que le laisse penser l'idéologie véhiculée par l'enseignement méta : contrairement à l'élève « la machine ne s'engage jamais *per se*. »[2]

1. L. WITTGENSTEIN, *op. cit*., 1961, p. 307, § 693.
2. L. WITTGENSTEIN, *op. cit*., 1988, p. 45.